



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## STUDIE CHOVÁNÍ PÁSOVÉHO PODVOZKUPRACOVNÍHO STROJE S VYUŽITÍM DYNAMICKÉ SIMULACE

THE STUDY OF THE BEHAVIOR OF TRACK CHASSIS USING DYNAMIC SIMULATION

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Kukla

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Jonák

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Lukáš Kukla**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Jonák**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Studie chování pásového podvozku pracovního stroje s využitím dynamické simulace**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Práce je zaměřena na rešerši shrnující poznatky o typech pásových podvozků, výběr vhodného typu tohoto podvozku s ohledem na typ pracovního stroje a druh terénu a dále také na jeho konstrukční návrh a provedení dynamické simulace.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Vypracování rešerše shrnující poznatky o typech pásových podvozků u současných mobilních pracovních strojů.

Vypracování kritického rozboru jednotlivých konstrukčních řešení pásových podvozků s ohledem na jejich použití – lesní terén, nezpevněný povrch.

Vytvoření základního konstrukčního návrhu jednoho vybraného typu pásového podvozku vhodného pro použití v daném terénu.

Ověření provedeného konstrukčního návrhu pomocí dynamické simulace.

#### **Seznam literatury:**

VANĚK, Antonín. Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003. Česká matice technická (Academia). ISBN 8020010459.

JEŘÁBEK, Karel. Stroje pro zemní práce: Silniční stroje. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 8070783893.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.

ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

## ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je vypracování rešerše shrnující poznatky o typech pásových podvozků u současných mobilních pracovních strojů. Vypracování kritického rozboru jednotlivých konstrukčních řešení pásových podvozků s ohledem na jejich použití – lesní terén, nezpevněný povrch. Vytvoření základního konstrukčního návrhu jednoho vybraného typu pásového podvozku vhodného pro použití v daném terénu. Ověření provedeného konstrukčního návrhu pomocí dynamické simulace.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Stavební, požární, stroj, podvozek, pás, článek, rám, hnací kolo, pojezdová kola, napínací kola

## ABSTRACT

Objectives of the thesis is to develop research summarizing knowledge about the types of tracked undercarriages for existing mobile machines. Developing critical analysis of the various designs of track undercarriages with regard to their use - forest terrain, unpaved surface. Creating a basic structural design of one of the selected type of belt chassis suitable for use in the field. Verification by the design using dynamic simulation.

## KEYWORDS

Building, fire, engine, chassis, belt, paper, frame, drive wheels, idler wheels, guide wheels

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KUKLA, L. Studie chování pásového podvozku pracovního stroje s využitím dynamické simulace. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 44 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Jonák.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Jonáka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. května 2017

.....

Jméno a přímení

## **PODĚKOVÁNÍ**

Za věcné připomínky, cenné rady, ochotu a věnovaný čas děkuji vedoucímu práce Ing. Martinovi Jonákovi.

## OBSAH

Úvod .....	9
1 Historie Tanku T-34 .....	10
1.1 T-34.....	10
1.2 Technické parametry T-34.....	11
1.2.1 Podvozek Christie .....	11
1.2.2 Hlavní části T-34 .....	11
2 Historie Tanku T-44 .....	13
2.1 T-44.....	13
3 Historie Tanku T-54 .....	14
3.1 T-54.....	14
3.2 T-54-1 .....	15
4 Historie Tanku T-55 .....	16
4.1 T-55.....	16
4.2 Pracovní stroje na podvozku T-55 .....	20
4.2.1 Vyprošťovací tank WTZ-2 .....	20
4.2.2 Mostní tank MT-55A .....	21
4.2.3 Hasící vozidlo na podvozku T-55(SPOT-55) .....	23
4.2.4 VT-55.....	24
4.2.5 Achzarit.....	24
4.3 Konstrukce podvozku T-55 .....	25
4.3.1 Konstruktivní prvky .....	25
4.3.2 Modelování a konstruování .....	30
4.3.3 Dynamická simulace .....	36
4.3.4 Výpočty a výsledky .....	38
Závěr.....	39
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	43
Seznam příloh.....	44



## Úvod a cíl práce

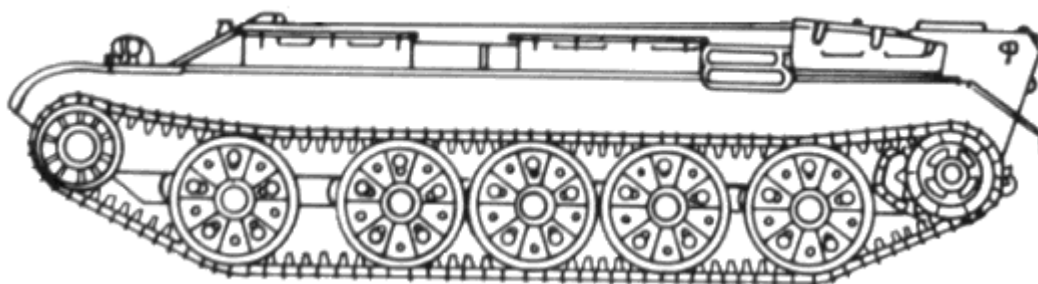
### Úvod

V minulosti se objevovaly snahy o to, jak více zvýšit efektivitu práce, protože lidská práce byla jak drahá, tak i někdy pro člověka nebezpečná, proto se začalo využívat čím dál více pracovních a stavebních strojů s pásovými podvozky. První tyto stroje se už objevovaly v 18. a 19. stol. Největší průlom pro stroje byla první a druhá světová válka a pak dále studená válka. V poválečném období SSSR vyvíjela mnoho druhů tankových podvozků, nejvíce však podvozky pro tanky T-54 a T-55.

Tanky T-54 a T-55 jsou nejdůležitějšími obrněnými bojovými a pracovními vozidly, používány v období po skončení 2. světové války, až do moderní doby. Vyvážely se téměř do celého světa a staly se všudypřítomnými. Ačkoli jsou ve srovnání se současnými tanky zastaralé, díky svému značnému rozšíření a modernizaci se budou určitě používat i v následujících desetiletích. Tanky T-54 a T-55 jsou víceméně bojová vozidla, ale v poslední době pomocí úprav a modernizace jsou používány i jako tanky vyprošťovací, mostní jeřáby, hasící a další specializované typy.

### Cíl práce

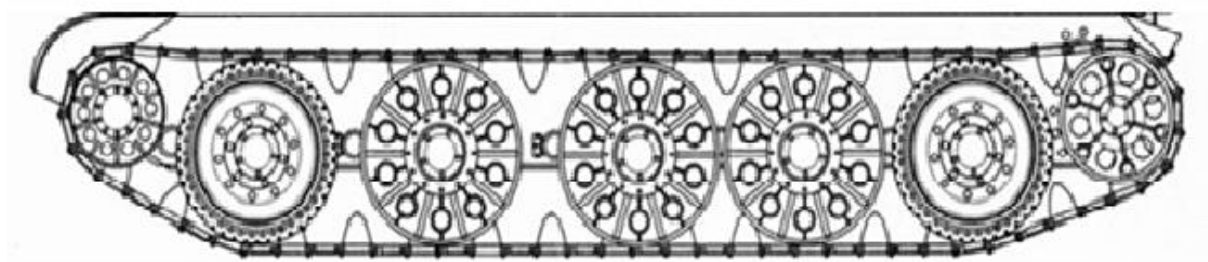
Tato práce bude zaměřena výhradně na popis podvozku T-55 a jeho historii, dále na vývoj do moderní doby a všechny jeho typy, které jsou v moderní době používány. Největší důraz bude kladen na jeho dynamickou simulaci na tvrdém terénu a jeho 3D model.



*Obr.1 Podvozek tanku T-55 [20]*

## 1. Historie tanku T-34

Ačkoliv byl střední tank T-34 jednou z nejproslulejších zbraní druhé světové války, v Rudé armádě vyvolával nespokojenost již od samotného zavedení do výzbroje v roce 1940. Jedním z nejvýraznějších problémů byl zastaralý podvozek systému Christie, který používal objemný soubor rozměrných pružin, zabírající příliš mnoho místa uvnitř tanku a bojového prostoru. První náznak přechodu na modernější podvozek s torzními tyčemi se objevil už v roce 1941, ale tento projekt byl kvůli vypuknutí války zastaven. [2]



Obr.2 Tank T-34/76 [20]

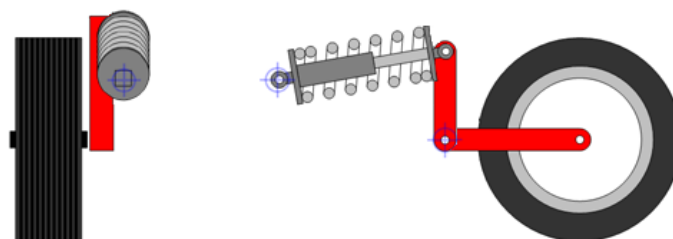
Tab.1 Základní charakteristika[19]

	Základní charakteristika
Posádka	4 (T-34/76) 5 (T-34/85)
Délka	6,75m
Šířka	3,00m
Výška	2,45m
Hmotnost	26t (T34/76)32t (T-34/85)
	Pohon a Pohyb
Pohon	vznětový motor V-2
Odpružení	podvozek Christie
Max. rychlost	50 km/h
Dojezd	465km(T34/76) 240km (T-34/85)

## 1.2 Technické parametry T-34

### 1.2.1 Podvozek T-34 a systém Christie

Všechny tanky 20. let měly řešeny pojezd pomocí vozíků s kolečky malého průměru a s odpružením listovými pery. Toto uspořádání zdědily tanky od pásových traktorů. Christie přišel s velkými pojezdovými koly na celou výšku boku vozidla, takže pás běžel i po jejich horním obvodu, čímž odpadly nosné kladky. Christie také navrhl nové odpružení. Každé kolo bylo nezávisle uloženo na klice, jejíž pata s osou kola byla opřena o dlouhou vinutou pružinu, ukrytou na výšku ve výřezu boku korby. Toto pérování umožnilo propuštění podvozku v desítkách centimetrů, čímž dokázalo „spolykat“ i značné nerovnosti terénu při vysoké rychlosti. [6,18]

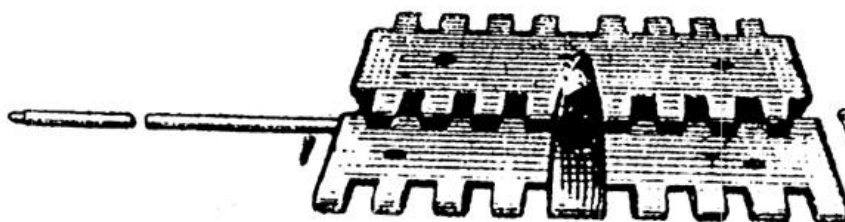


Obr.3 Mechanismus systému Christie[18]

### 1.2.2 Hlavní části

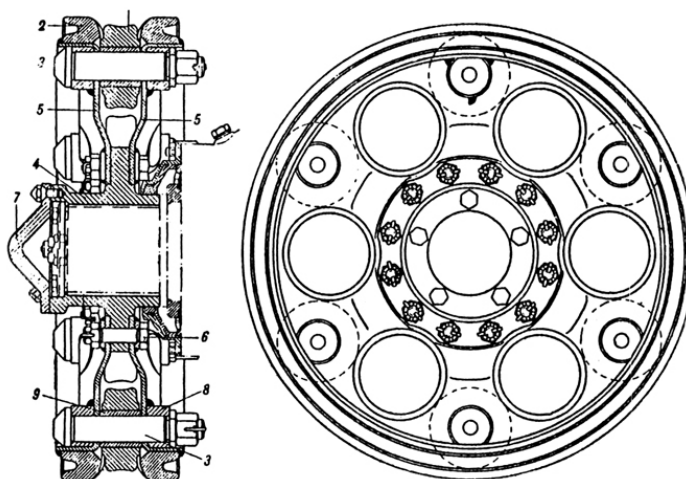
Hlavní části podvozku tanku T-34 je kolejový pás, hnací kola, vodící kola, pojezdová kola.

Kolejový pás – Každý pás se skládá ze 74 ocelových článků. Každý druhý článek má vodící roh, který slouží pro záběr s ozubeným kolem a aby držel pás ve správné poloze. Články pásu jsou k sobě zavěšeny 148 kolíky. Kolíky zabráňují vypadnutí. [6]



Obr.4 Ocelové články a čepy podvozku T-34/76[6,23]

Hnací kola - Tank má dvě řetězová kola na zadní straně, z nichž je každé shodné. Řetězová kola jsou namontována na konci drážkového hnacího hřídele pohonu zadních kol. Kolo je připevněno prstencem, které je přišroubováno pomocí čtyř šroubů na konci hnací hřídele. Pojistný kroužek je pokrytý ocelovým víčkem. Náboj kola má přírubu. V pozdějších modelech jsou ráfky kol odlity integrálně spolu s diskem a rozbočovačem. Kotouče kola jsou přišroubovány k přírubě. Tyto disky mají šest velkých výstupních otvorů pro pohyb po blátě a sněhu. Průměr 634 až 650 mm, druh záběru hřebenový, druh kola-lité nebo z lisovaných disků, hmotnost 150kg. [6,23]



Obr.5 Hnací kolo podvozku T-34/76[6,23]

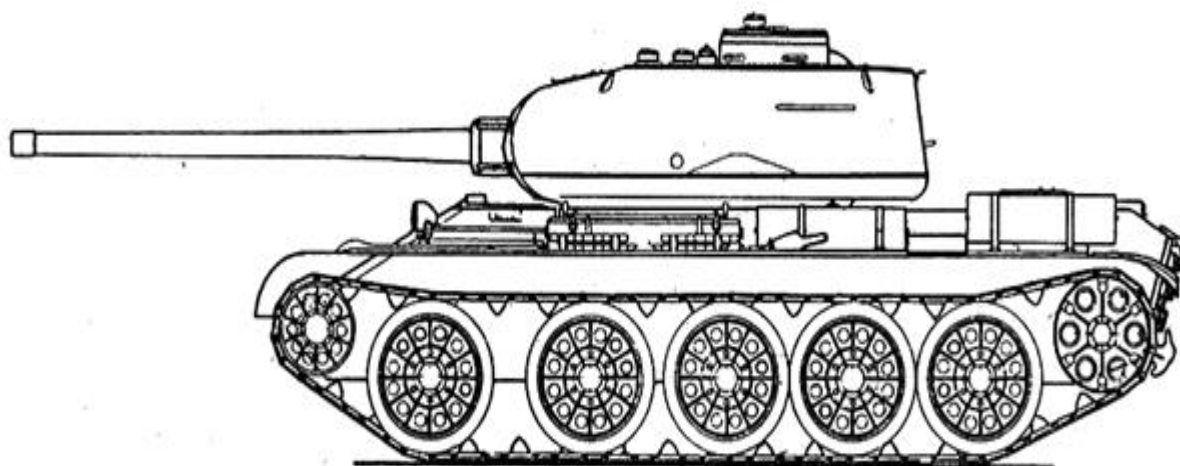
Všechna vodící kola jsou stejného provedení. Vodící kola jsou nalisována ve dvou kuličkových ložiskách. Hnací kolo je připojeno pevně maticí se zámkem. Náboj vodícího kola je pokryt pancéřovou krytkou. Na vnitřním konci náboje je upevněno labyrintové těsnění, sestávající se ze dvou kroužků. Desky jsou připevněny k přírubě šrouby. Na vodících kolech jsou lisované a svařované ráfky s gumovými pneumatikami. Průměr 500mm, druh lité, hmotnost 90 kg. [1]

Pojezdová kola- počet 10, všechna jsou stejná a průměr těchto kol je 830 mm. Kolo je s vnější gumovou obručí. Hmotnost kola je 125kg. Kola se využívají proto, aby držela pás napnutý na stykové ploše pás-zem. [6,23]

## 2. Historie tanku T-44

### 2.1 T-44

První snahy o přechod na modernější verzi podvozku s torzními tyčemi byl v roce 1941, ale po vypuknutí války byl tento projekt pozastaven. Rudá armáda požadovala v roce 1944 lepší tank, než byl T-34 proto byl vyvinut tank T-44, ten měl s T-34/85 mnoho společných znaků, včetně podobné věže, pojezdových kol a pásů. Nejvýraznější změnou a pokrokem byla nová korba. V roce 1944 byl přijat Rudou armádou, kde dostal označení T-44. Tento tank představoval vrcholný vývoj středních tanků Rudé armády ve 2. světové válce. Od roku 1944 až po rok 1947 bylo vyrobeno asi 1823 kusů. [2]



Obr.6 Boční pohled Tanku T-44[21]

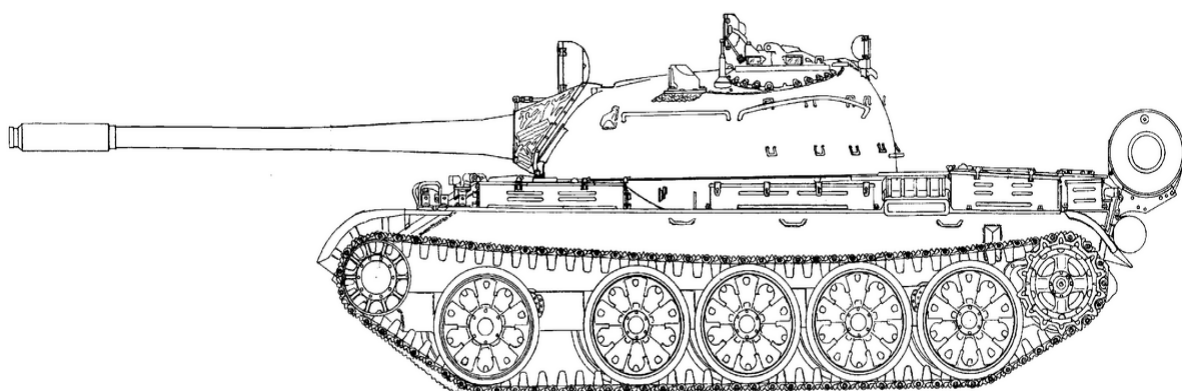
Tab.2 Základní charakteristika[24]

	Základní charakteristika
Posádka	4
Délka	7,65m
Šířka	3,15m
Výška	2,45m
Hmotnost	31,9 tun
	Pohon a Pohyb
Pohon	V-44 12 válcový diesel
Odpružení	torzní tyče
Max. rychlost	50 km/h
Dojezd	300 km

### 3. Historie tanku T-54

#### 3.1 T-54

V roce 1946 byl první prototyp nového tanku označen jako T-54. První prototypová vozidla T-54 vycházela z tanku T-44. Čelo věže mělo mít tloušťku až 180 mm, boky místy až 150 mm. Tvar věže zůstal převážně shodný, se sklonem 20°. Korba vozidla se nijak nezměnila, jen horní čelní deska byla navýšena na tloušťku 120 mm, dolní na 90 mm a boky a zád' zůstaly shodné s tankem T-44. Čelo korby bylo jednolitě, zmizela šterbina průzoru řidiče a tank dostal nová pojezdová kola s vyšší gumovou bandáží. Nová pohonná jednotka V-54 zůstala s výkonem (387,7 kW- 520HP) téměř shodná, jen oproti tanku T-44 bylo vylepšeno chlazení motoru a zvýšen obsah palivových nádrží. Testy probíhaly od 11. března do 11. dubna 1945 a za tu dobu celkově ujel 1553 km. O málo těžší než jeho předchůdce (35,5 t) má lepší pancéřování a je nižší. Průměrná rychlost zůstala stejná, maximální však klesla (z 51 na 45 km/h), ale navýšil se dojezd (asi o 70 km). [2,24]

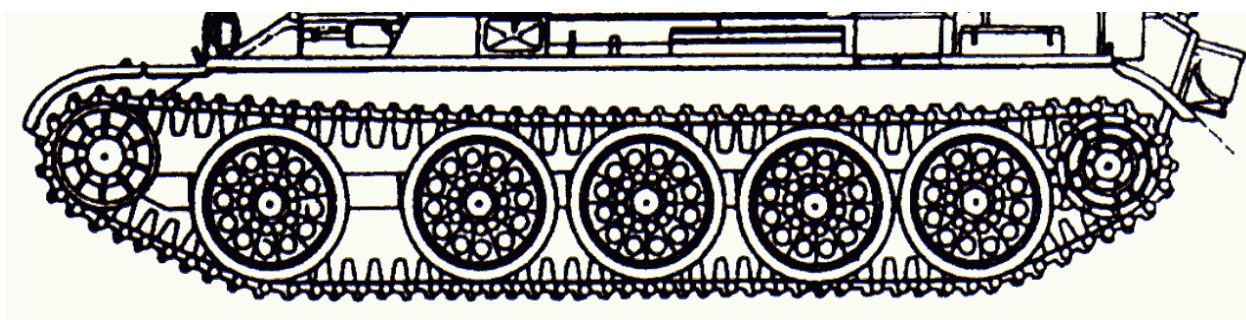


*Obr.7 Boční pohled Tanku T-54[22]*

Další prototyp T-54 obdržel novou zaoblenou věž typu IP-3 s tloušťkou pancíře v čelní části 200 mm, na bocích proměnou od 160 do 125 mm, se sklonem 45°. Do věže byl usazen kanon LB-1 ráže 100 mm, spolu se spřaženým kulometem SGMT ráže 7,62 mm. Byl zvýšen obsah palivových nádrží, u vnitřních na 545 (z 530) litrů a u vnějších na 180 (ze 165) litrů. Vyšší obsah nádrží přes zvýšenou hmotnost 39,15 t udržel dojezd vozidla na 360 km. A velkorážného protiletadlového kulometu DŠK ráže 12,7 mm u průlezu nabíječe. Tyto změny se podepsaly na zvýšení hmotnosti na 39,5 t.[2,24]

### 3.2 T-54-1

T-54-1 Sériová výroba tanku T-54 byla naplánována na rok 1946. Ve zbytku roku 1946 měl závod zkompletovat na 165 strojů, ale ve skutečnosti vyrobil pouze tři, a to dva v červenci a jeden v říjnu jmenovaného roku. Po provedených testech i k těmto strojům měla státní komise výhrady. Požadovala nižší hmotnost, předělat instalaci zbraní, podvozků a motoru. Tanky T-54-1 nesly kanon D-10T, korba na jeho bocích měla tloušťku pancíře 80 mm, strop 30 mm a dno pak 20 mm. V roce 1948 bylo zhotoveno celkově 593 tanků, z toho v závodě v Nižném Tagilu 285 vozidel, Charkovském 218 a v Omském pak 90 strojů. Provozní testy prokázaly velké množství závad, velmi často byly tanky mimo provoz, zastřelovací zkoušky také nedopadly dobře, a tak v lednu 1949 byla výroba tanků zastavena. [2]



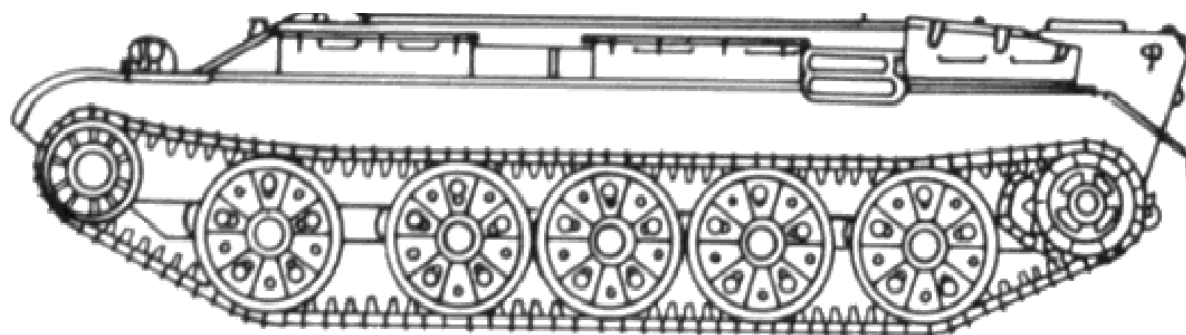
*Obr.8 Boční pohled podvozku T-54-1[25]*

Palivový systém byl tvořen vnitřními nádržemi o objemu 520 l. Ve většině případů byly umístěné náhradní válcové nádrže stejně jako u T-44. Podvozek tanku byl tvořen pěti pojezdovými koly, hnacím kolem vzadu a napínacím kolem v přední části. Mezi prvním a druhým pojezdovým kolem byla charakteristická mezera. Tento podvozek nebyl vybaven opěrnými kladkami. Odpružení pojezdových kol bylo pomocí torzních tyčí, dále první a druhé pojezdové kolo bylo vybavené hydraulickým tlumičem s lopatkovým pístem. Torzní tyče byly vedené uvnitř korby, nosná ložiska levých pojezdových kol byla oproti pravým posunutá o 105 mm dozadu, tak aby bylo možné umístit tyče v levých i pravých pojezdových kolech spolu. Hnací kola byla vybavená snímatelnými ocelovými ozubenými věnci s 13 zuby, pás byl sestaven z ocelových článků se šířkou 500mm a celkovým počtem 90 článků na 1 pás. [2]

## 4. Historie tanku T-55

### 4.1 T-55

Pro pohon byl použit motor V-55 s výkonem 432,5 kW (580 HP), kde se na vyšším výkonu odrazilo zvýšení tlaku paliva. Dále bylo zamýšleno zahřívání klikové skříně motoru, montáž odstředivého olejového filtru, použití dvoustupňových bočních planetových převodovek a opět zvýšení palivových nádrží na 680 l. Modernizace odstranila láhev se stlačeným vzduchem na startování (nahrazena kompresorem AK-150S s elektrickým startérem), zvýšila počet vezené munice z 34 na 43 granátů (18 uložených v tzv. mokrých schránkách ve vnitřních palivových nádržích), periskopy TPKU nahradila typem TPKUB/ TPKU-2B.. Základní verze tanku T-55 byla přijata do výzbroje sovětské armády 3. května 1958. [2]



*Obr.9 Boční pohled podvozku T-55[27]*

Bojový tank T-55 je vlastně silně modernizovaná varianta tanku T-54, který vznikl vývojem tanku T-44 a tak se nijak neodlišuje od standardu, a to s řídicí sekci vpředu, bojovým oddílem uprostřed a motorovým prostorem v zadní části korby. Podvozek je složen z pěti párů pojezdových kol s kovovými ráfky opatřené gumovou bandáží a tlumiči. Hnací kola jsou vzadu, napínací vpředu, pojezdová kola jsou upevněna na torzních tyčích, s větším odstupem mezi prvním a druhým kolem než u ostatních kol. [2]



Ochrana horní větve pásu byla zavedena až u pozdějších verzí. Výfuk motoru je vyveden u levého blatníku. Tanky T-54 a T-55 jsou na první pohled velmi podobné a je těžké je od sebe odlišit, neboť hodně tanků T-54 bylo upraveno na standard tanku T-55. Rozdíly jsou tak snižovány shodným označením T-54/55. Po dobu sériové výroby a armádní služby byly tanky T-55 neustále vylepšovány a modernizovány. Již na začátku velkovýroby dostaly tanky T-55 nové zaměřovače TŠ-2B32P, v roce 1959 byla část vozidel přizpůsobena na montáž kolových odminovacích zařízení PT-55, později pak na uchycení buldozerové radlice BTU s hmotností 2,3 t nebo BTU-55 s hmotností 1,4 t. [2]



*Obr.10 Starší verze Tanku T-55[7]*

Na začátku 70. let proběhla v závodě UVZ další modernizace přidáním protiletadlových kulometů DŠK-M nebo KPVT. Rokem 1974 byly tanky T-55 vylepšeny o laserové dálkoměry KTD-1 či KTD-2 a radiostanice R-123 či R-123M. Neustále se však konstruktéři snažili modernizovat nebo jinak prodloužit životnost tankového pojezdu. Počátek 80. let se podepsal na celkové modernizaci tanků typu T-54 a T-55. Přestavba strojů T-54 na standard T-55 si vyžádala výměnu pohonu, hlavních zbraní, nádrží a optických přístrojů. Takto upravené varianty se měl, co nejvíce přiblížit bojovým kvalitám moderních tanků jakým byl například tank T-72. Československá varianta převzala označení T-54AM, polské tanky pak T-55U. Program modernizace Rada ministrů Sovětského svazu oficiálně schválila 25. července 1981, modernizace se rozběhla v dubnu 1983, předtím jej však vypracovala skupina odborníků z omského KBTM. [2]

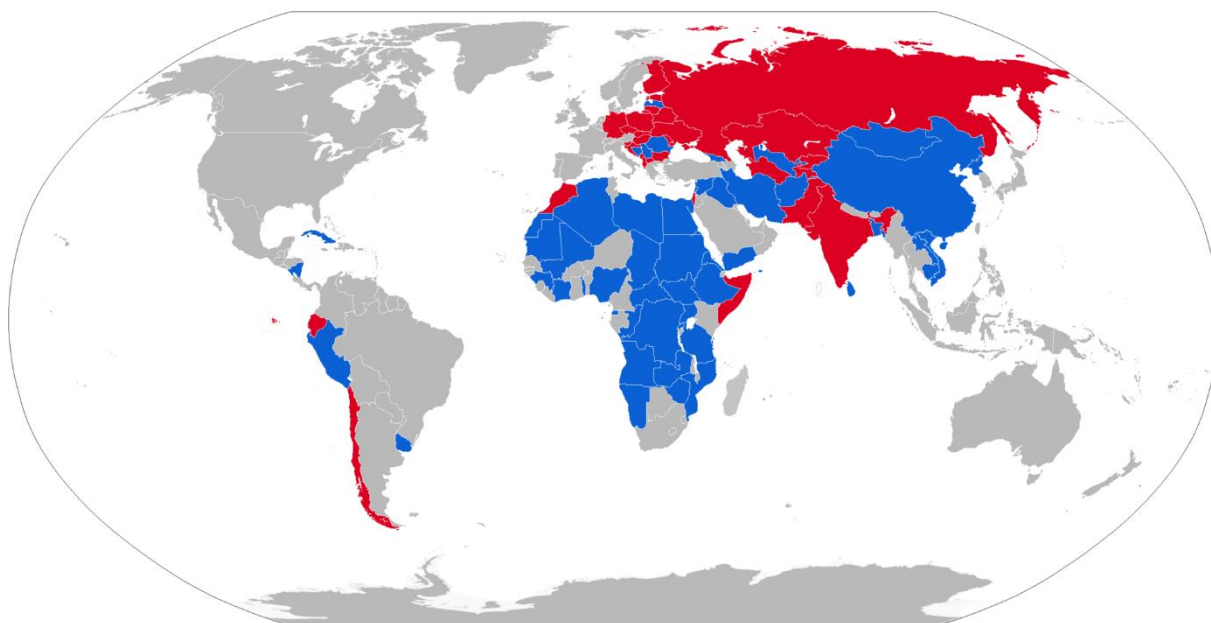


*Obr.11 Modernizovaný Tank T-55[12]*

*Tab.3 Základní charakteristika[2]*

	Základní charakteristika
Posádka	4
Délka	6,2m
Šířka	3,37m
Výška	2,35m
Hmotnost	36tun
Max. rychlost	50 km/h
Dojezd	450km
Max šířka překážky	2,7m
Max výška překážky	0,8m
Hloubka brodu	1,4m
Max hloubka vodní překážky	5m

Návrh -1945. Období výroby 1946–81 (SSSR) 1956 – 79 (Pol.) 1957–83 (Československo). Vyrobeno kusů cca 86 000–100 000 Ve službě 1946 – dosud, posádka (4) Hlavní zbraň 100mm kanon Sekundární zbraň 1× 7,62 mm kulomet SGMT v ose kanonu (T-54 v korbě), 1× 12,7 mm Kulomet DŠK Pohon model V-55(V-54), vodou chlazený dieselový 12válec, 38,88 1581 hp (433 kW) Odpružení torzní tyče. Max. rychlost 48 km/h. Dojezd 400/500 km, 600 km s přídatnými nádržemi. Po studené válce se tanky začali používat i jako stavební stroje buldozery, jeřáby, mostové tanky, hasicí stroje atd. [28]



*Obr.12 Rozšíření tanku s podvozkem T-55[28]*

Červená barva znamená, kde se vyráběly a používají dodnes. Modrá znamená, že se doposud používají pro všechny účely. [28]

## 4.2 Pracovní stroje na podvozku T-55

### 4.2.1 WTZ-1 a WTZ-2 : postaveny na podvozku T-55

Sovětský svaz v 50. letech rozjel výrobu vyprošťovacích tanků BTS-1, ta byla vzápětí modernizována na verzi BTS-2, tato verze se vyráběla zprvu na podvozku tanku T-54, později na podvozku tanku T-55. Na poslední jmenovanou verzi později zakoupilo Polsko (WTZ-1) a Československo (VT-55A) licenci a s úspěchem tyto vyprošťovací vozidla začalo vyvážet. [29]



Obr.13 Vyprošťovací tank WTZ-2[29]

Tab.4 Základní charakteristika[29]

WTZ-2	Základní charakteristika
Posádka	4
Délka	7,65m
Šířka	3,15m
Výška	2,45m
Hmotnost	34tun
Max. rychlost	50 km/h
Dojezd	465km
Tažná síla	75KN
Max. rychlost	50 km/h
Dojezd	465km
Nosnost jeřábu	max. 1000kg



#### 4.2.2 Mostní tank MT-55A

Mobilní most na podvozku tanku T-55A. Mostní tanky jsou důležitou součástí nejen tankových jednotek a používají se k přemostění přírodních a umělých překážek do 30 m šířky. Rozlišují se podle technické konstrukce a způsobu pokládky mostu. Jsou známy typy rampové, nůžkové, výsuvné, předložní a sklopné a jejich vývojem se zabývaly armády jak ve východním, tak v západním uskupení. Stalo se zvykem, že na stavbu různých speciálů, mezi které patřila i ta vozidla, jednotlivé země využily podvozky stávajících moderních tanků. Československá armáda si převážně vystačila s mostními tanky vlastní konstrukce. V 50. letech to byl mostní tank MT-34, později (koncem 60.let) ho nahradil mostní tank MT-55A postavený na podvozku tanku T-55A. Shodně s tímto vozidlem byl vyvinut i přepravník mostu PM-55, který jej doplňoval. Na rozdíl od MT-55A byl PM-55 kolovým nosičem a to na automobilu Tatra 813. [29,30]



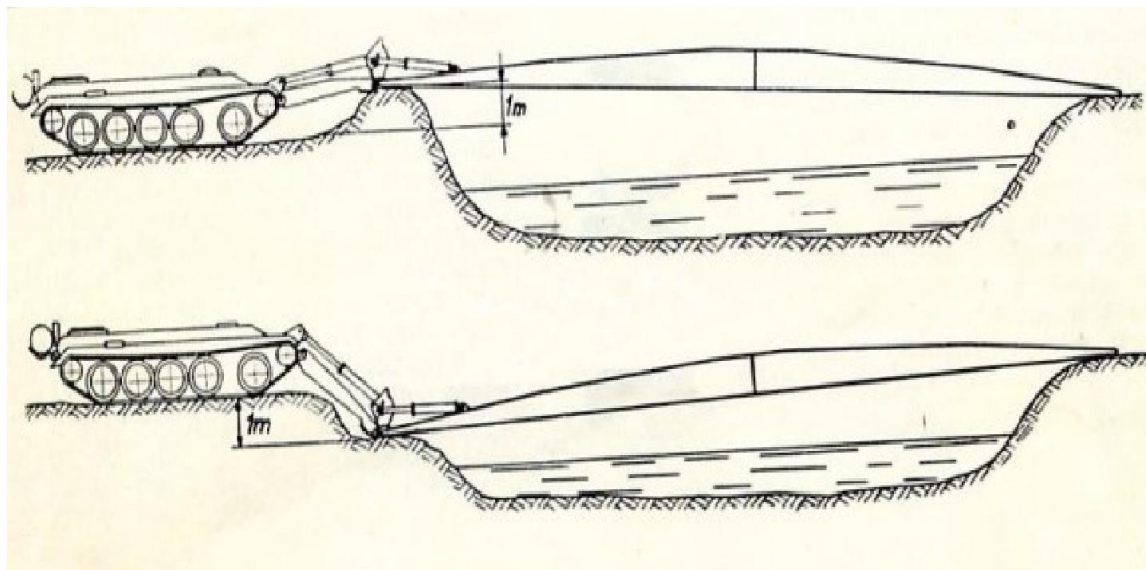
Obr.14 Mostní tank MT-55A[13]

Tab.5 Základní charakteristika[29]

MT-55A	Základní charakteristika
Posádka	2
Délka	9,88m
Šířka	3,30m
Výška	3,35m
Hmotnost	36tun
Max. rychlost	40 km/h
Dojezd	500km
Max délka mostu	18m
Max šířka mostu	3m
Nosnost mostu	50t

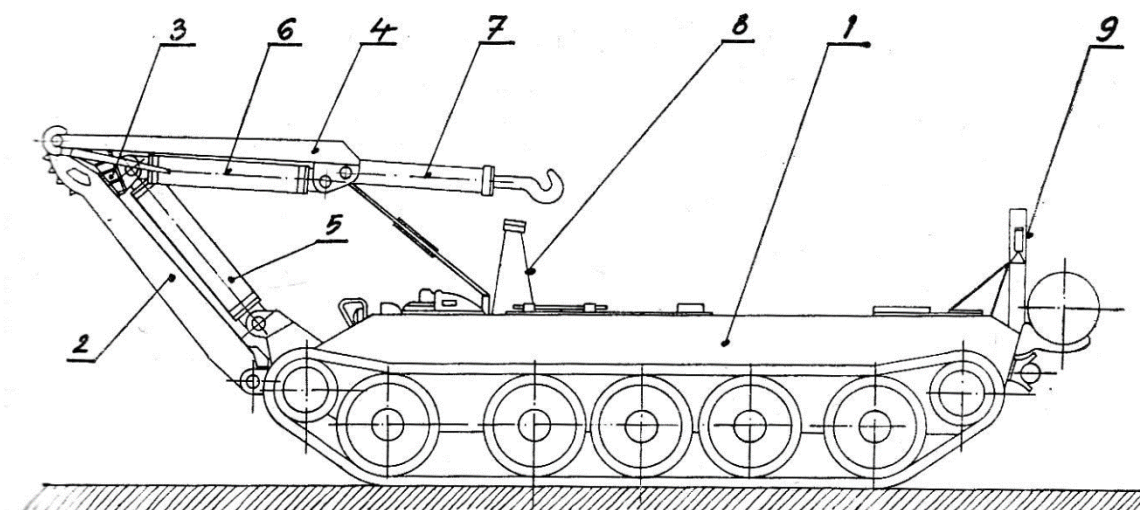
Mostní tank MT-55A po rozložení mostu. Mostový tank dokáže překonat překážku břehu u řeky do výšky maximálně 1 metru a do hloubky maximálně 1 metru. Most je po rozložení dlouhý 18 metrů. Hmotnost samotného mostu je 6800 kg nosnost mostu je 50 000kg.

Na položení mostu je potřebný čas 3 minuty a na naložení mostu je potřeba 5-8 minut. Maximální stoupání 30 stupňů a maximální boční sklon 25 stupňů. Maximální výška (hloubka) příkopu může být 2,7m. Tank se může pohybovat pod vodou a maximální rychlost proudu při jízdě s mostem je 1 m/s a maximální rychlost proudu při jízdě bez mostu 2 m/s. Maximální rychlost proudu při jízdě bez mostu 1000m a maximální hloubka vody 4m. [29,30]



Obr.15 Rozkládání MT-55A[29,30]

Mostní tank MT-55A může být vybaven jeřábem a dalšími pracovními prostředky.



Obr.16 Podvozek mostního tanku s naloženým pokládacím ústrojím[29,30]

1-Korba, 2- lžice, 3 skříň, 4 pokládací rameno, 5 – válec V2, válec V3 , 8 přední opěra (konzola), 9-zadní opěra (konzola)

#### 4.2.4 SPOT-55

SPOT-55 vzniknul jako hasicí vozidlo na pásovém podvozku tanku T-55 vyráběné ve VOP-025 Nový Jičín. Byl určen k likvidaci všech druhů požárů ve složitých terénních podmínkách a průmyslových aglomeracích (např. lesy, elektrárny, ropné rafinérie, plynovody) [8]



*Obr.17 Hasící vozidlo na podvozku T-55(SPOT-55) [8,9]*

SPOT-55 byl využit v rámci civilní obrany pro jeho originalitu a revoluční koncept byl zájem i v zahraničí. Na rozdíl od klasické hasičské techniky, která musela být od požáru v bezpečné vzdálenosti, tak tento tank může být i uvnitř požáru. Toto se potvrdilo i při jeho prvním nasazení lesního požáru, kde nahradil 40 hasičů. K činnosti bylo vozidlo vybavené vlastní nádrží na vodu, dvěma vodními děly. Další výbava byla radlice BTZ-55. Pásky tanku byly vybavené pryžovými bloky a pojezdová kola byla chráněná proti sálavému teple. [8,9]

*Tab.6 Základní charakteristika[8,9]*

	Základní charakteristika
Posádka	3
Délka	9,88m
Šířka	3,30m
Výška	3,35m
Hmotnost	45tun
Max. rychlost	50 km/h
Dojezd	170km
Brodivost	1,4m
Rychlost proudu vody 2270 l/min	3m



#### 4.2.4 VT-55

Vývoj verze VT-55 začal roku 1964. VT-55A byl určený na vyprošťování poškozené těžké techniky v různých případech a měl za úkol pohybovat se v těžce dostupném terénu a dostat poškozenou techniku do bezpečného prostoru. [32]



*Obr.18 Vyprošťovací vozidlo na podvozku VT-55A[33]*

#### 4.2.3 Achzarit

Izraelský těžký transportér pěchoty Achzarit vznikl v roce 1988 přestavbou kořistních tanků T-55. Z tanku byla odstraněna věž a korba byla upravena na přepravu vojáků. Na pravé straně korby byl upraven průlez do přepravního prostoru. [14]

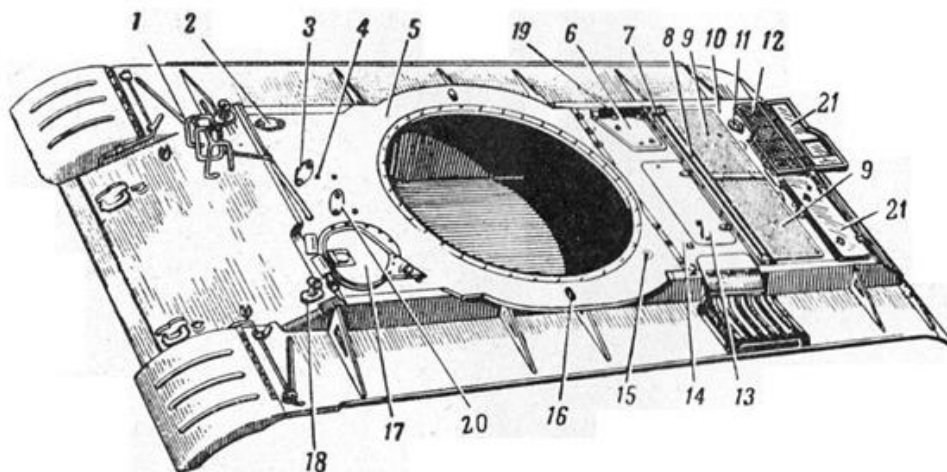


*Obr.19 Těžký transportér pěchoty Achzarit[14]*



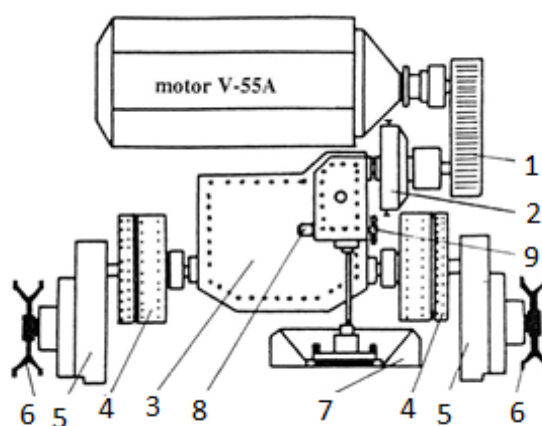
## 4.3 T-55-podvozek

### 4.3.1 Konstrukční prvky



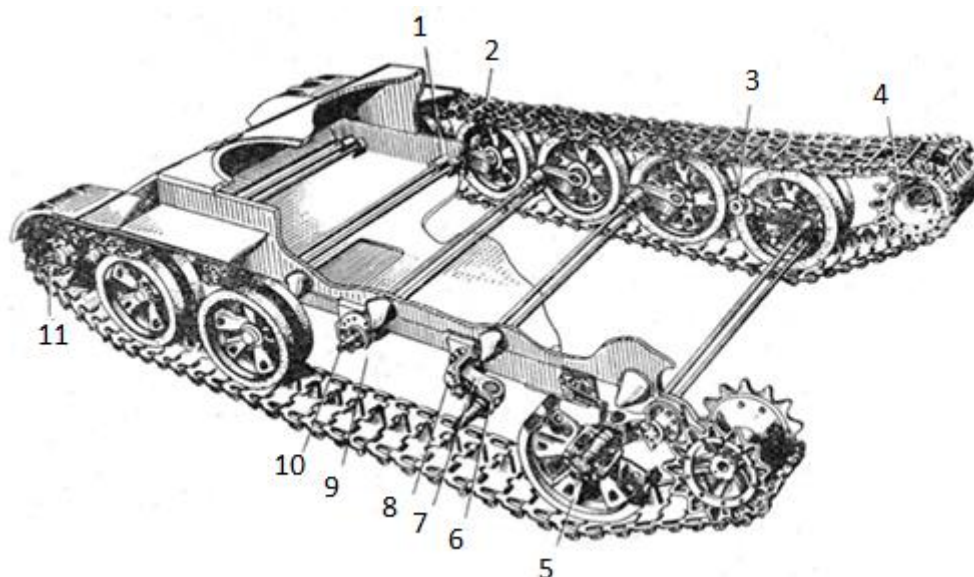
Obr.20 Korba tanku T-55 (pohled shora) [7]

1 – Držák světlometu, 2 – krytka otvoru pro plnění schránkových palivových nádrží, 3 – krytka otvoru pro plnění předních palivových nádrží, 4 – šroub, 5 – stropní pancíř, 6 – příklop nad čističem vzduchu, 7 – opěrka, 8 – torzní tyče příklopu nad chladičem 9 – síto nad žaluziemi, 10 – příklop nad chladičem, 11 – krytka otvoru pro plnění chladícího ústrojí, 12 – síťka, 13 – příklop nad motorem, 14 – snímatelný strop nad motorem, 15 – otvor odsávacího čerpadla vody 16 – otvor pro čep zajišťovacího zařízení věže, 17 – příklop řidiče, 18 – držák, 19 – síto otvorů přívodu vzduchu ke spojovacímu převodu, 20 – krytka otvoru pro ovládání odminovače, 21 – odklopné krytky[7]



Obr.21 Schéma motoru tanku T-55[7]

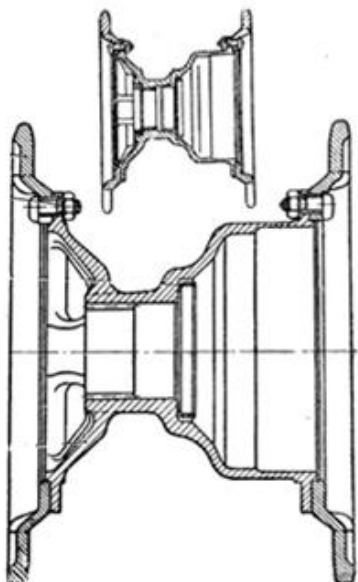
1- spojovací převod, 2- hlavní spojka, 3- převodovka, 4- planetové směrové ústrojí, 5- koncový převod, 6- hnací kola, 7- větrák, 8- čerpadlo posilovač PSÚ, 9- kompresor [7]



Obr.22 Podvozek (Celkový pohled) [7]

1 – držák vahadla, 2 – kolejový pás, 3 – kapalinový tlumič, 4 – hnací kolo, 5 – pojezdové kolo, 6 – nárazník, 7 – vahadlo, 8 – opěra vahadla, 9 – omezovač zdvihu, 10 – torzní tyč, 11 – napínací kolo[7]

Hnací kolo se snímatelnými ozubenými věnci, počet zubů na věnci je 13, hmotnost 126kg. Na každé straně je celkem jedno hnací kolo s 13 zuby a ocelovými věnci. Toto kolo má za úkol přenášet pohyb na pás. [7]

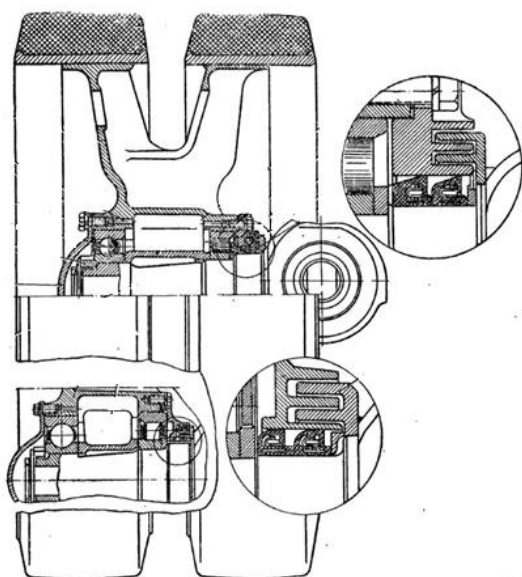


Obr.23 Hnací kolo podvozku T-55[7]



Obr. 24 Hnací kolo podvozku T-55 ukázka[25]

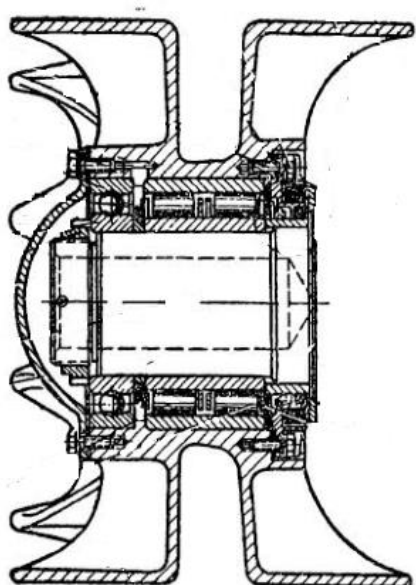
Pojezdová kola dvojité s pryžovými obručemi 5 na každé straně, hmotnost 265 kg. Pojezdová kola jsou spojena mechanismem s torzními tyčemi. [7]



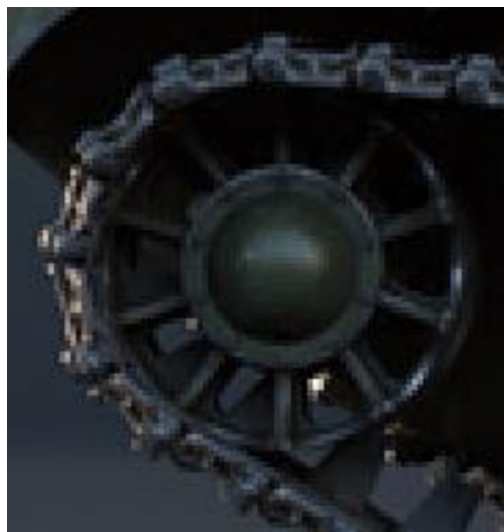
Obr.25 Pojezdové kolo podvozku T-55[7]



Obr. 26 Pojezdové kolo podvozku T-55 ukázka[25]

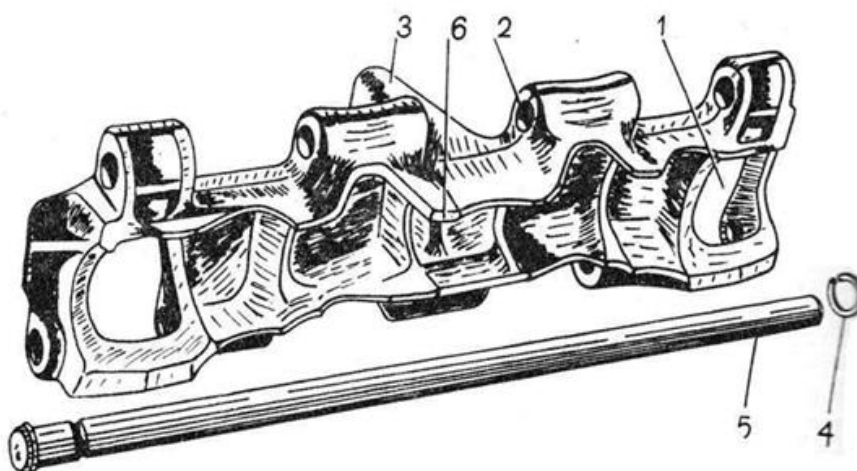


Obr.27 Napínací kolo podvozku T-55[7]



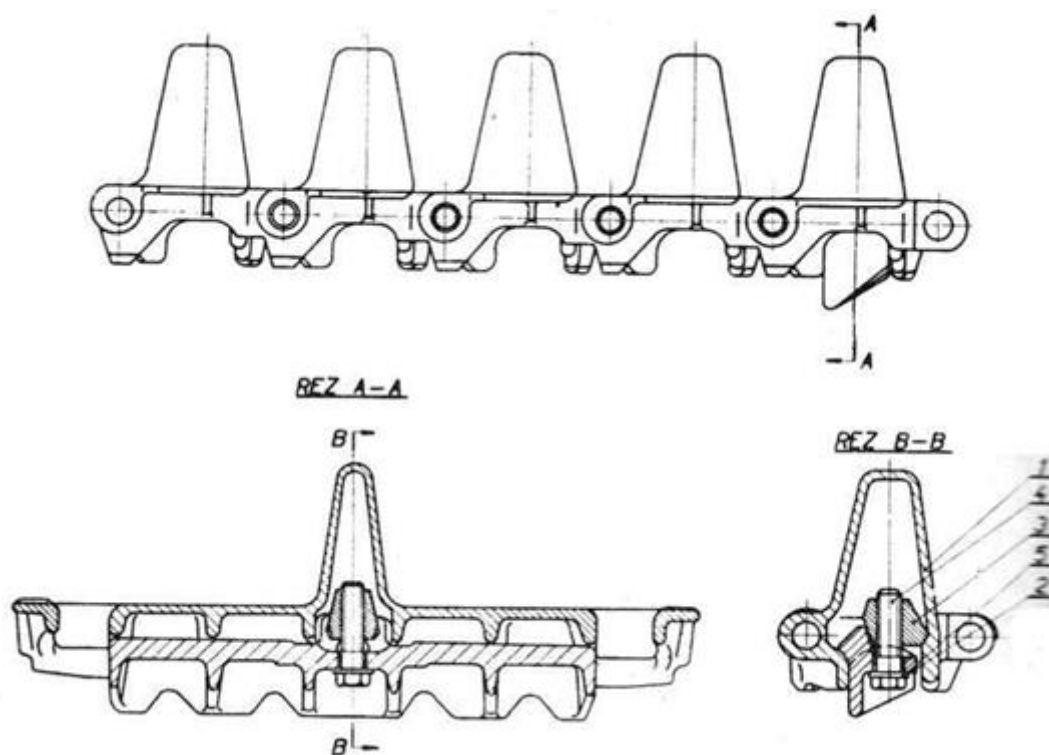
Obr.28 Napínací kolo ukázka[25]

Napínací kola lité s kovovými obručemi. Na každé straně celkem jedno napínací kolo, toto kolo má za úkol napínat pás do pracovního módu. [7]



Obr.29 Článek kolejového pásu[7]

1 – otvor článku, 2 – oko článku, 3 – vodící zub, 4 – pružná podložka, 5 – čep, 6 – výztužné žebro[7]



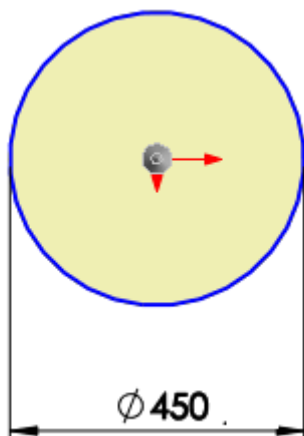
Obr.30 Článek kolejového pásu s namontovanou ostruhou[15]

1 – kolejový pás, 2 – ostruha, 3 – kámen, 4 – šroub, 5 – podložka[15]

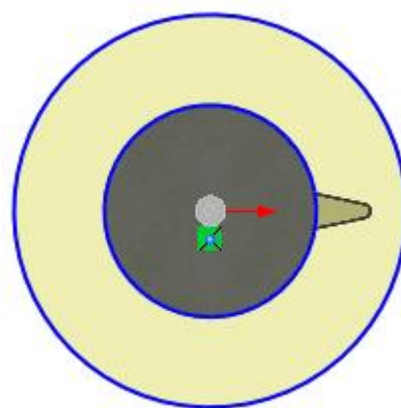


### 4.3.2 Modelování a konstruování

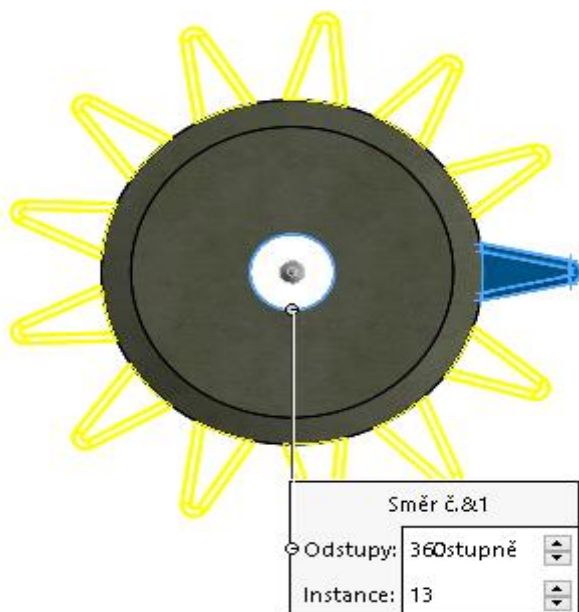
Jako první se pracovalo s celou sestavou, která se popsala v předchozí kapitole[4.3]. Následně se kladl důraz na modelování v prostředí Solidworks, kde se vymodeloval celkový model podvozku. Dle návrhu se vymodelovala korba a vlastně celý tank inspirovaný WTZ-2 kap. (4.2.1). Dále se vymodeloval terén, na kterém se následně vykonala celá dynamická simulace. Modelování začalo hnacím kolem. V první řadě se vytvořila základní rovina a na ní kružnice o poloměru hnacího kola (1). Potom se nakreslil jeden zub a pomocí příkazu odebrat vysunutím se vytvořil na profilu první zub. Bylo použito kruhové pole a zuby byly namnoženy po celém profilu po zadané rozteči (2). Zuby se poté upravily pomocí zaoblení, zkosení a odebrání vysunutí do pracovní podoby (3). Na profilu hnacího kola se vytvořil podobný design, jako mají hnací kola na některých výkresech, potažmo fotkách (4). Díly byly zjednodušené, aby byla co nejsnadnější dynamická simulace. Hlavní rozměry a váha byla dodržena.



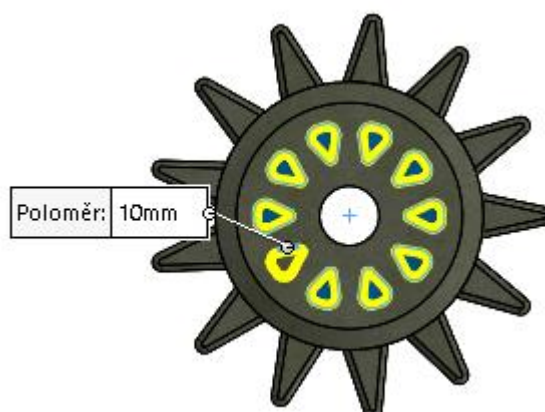
Obr.31 Krok (1)



Obr.32 Krok (2)

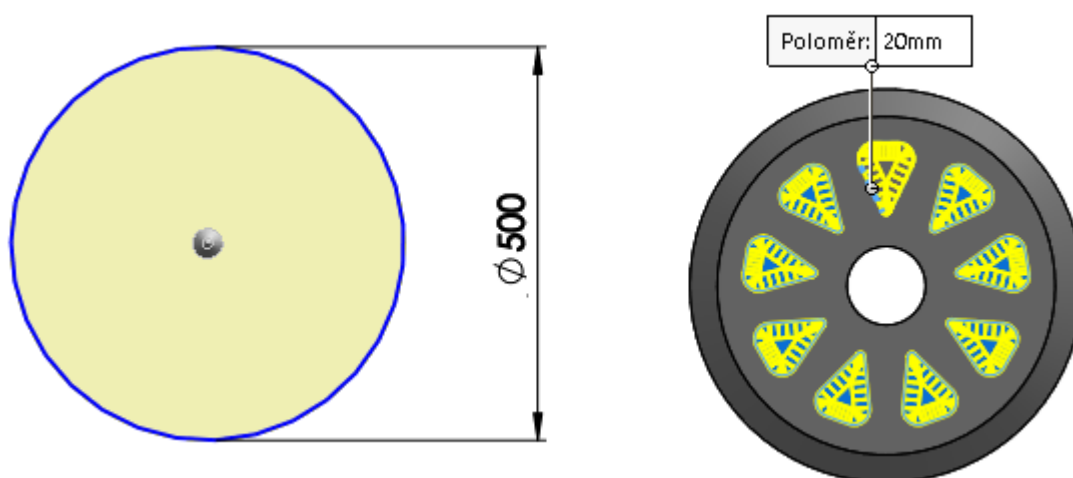


Obr.33 Krok (3)



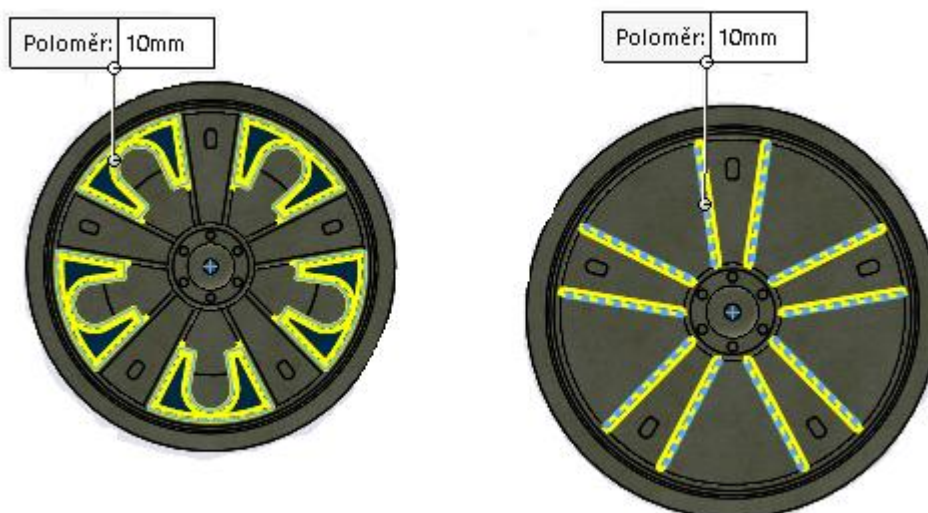
Obr.34 Krok (4)

Modelování napínacího kola, kde postup byl stejný jako u hnacího kola, změna byla pouze v tom, že se nekreslily žádné zuby. Design byl podobný, jaký byl na fotkách nebo dle výkresů.



Obr.35 Ukázka modelování napínacího kola

Dalším postupem se modelovala pojezdová kola, která se modelovala podobně jako napínací kolo a hnací kolo. Zde se zase použilo podobného designu, jako jsou u reálných tanků běžné.

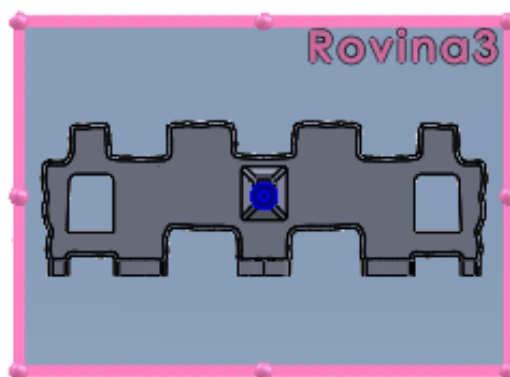


Obr.36 Ukázka modelování napínacího kola

Pro příklad zde je uvedeno pár jednotlivých prvků při modelování vybraných kol, bylo jich tam samozřejmě více. Zde jen pro ukázkou některých použitých prvků programu Solidworks.



Modelování článku a celého pásu zabralo nejvíce času. Po vymodelování jednoho článku se pokračovalo následovně. Článek byl pomocí vazeb umístěn do počátku. Jako první musel být vyrovnán na naši zvolenou rovinu, následně byla nakreslena dráha, po které jsme táhly naše články. Dráha byla naměřena z rozpojeného pásu.



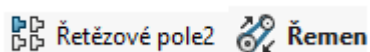
Obr.37 Ukázka modelování kolejového článku

Dále se nastavily v tabulce řetězových polí požadované parametry k vytvoření pásu na zvolené dráze. Například: Trasu vyplnění, skupina řetězu (článek). Byla zvolena potřebná vazba uchycení. Pomocí příkazu řetězové pole se následně vytvořil pás.



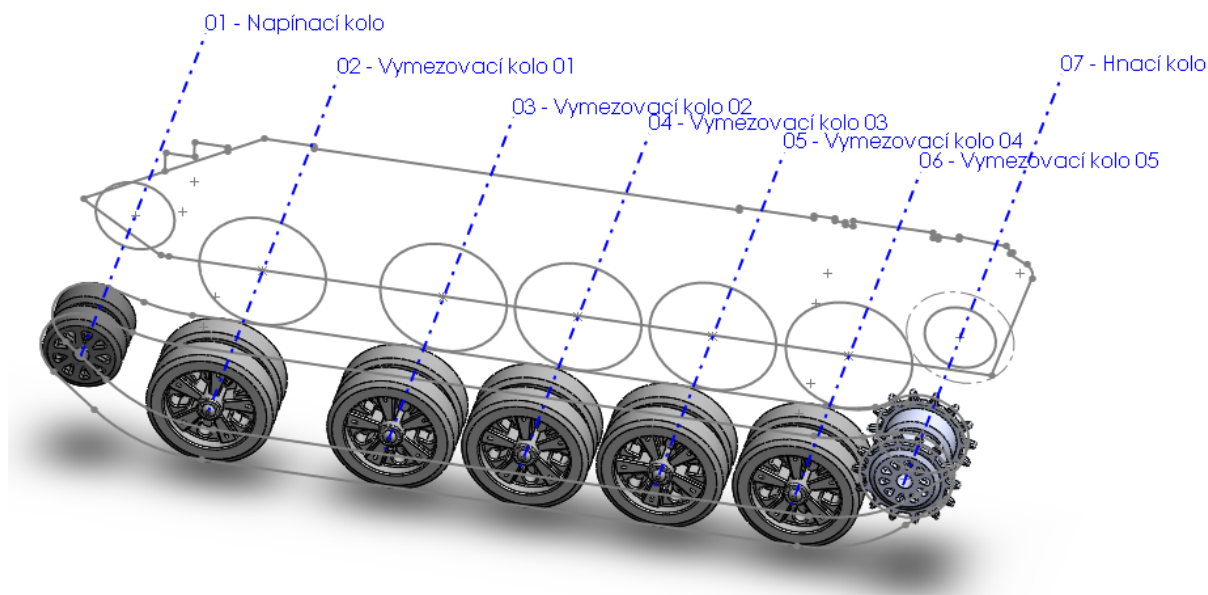
Obr.38 Ukázka modelování pásu

Zde jen pro ukázkou některých použitých prvků programu pro vytvoření pásu.



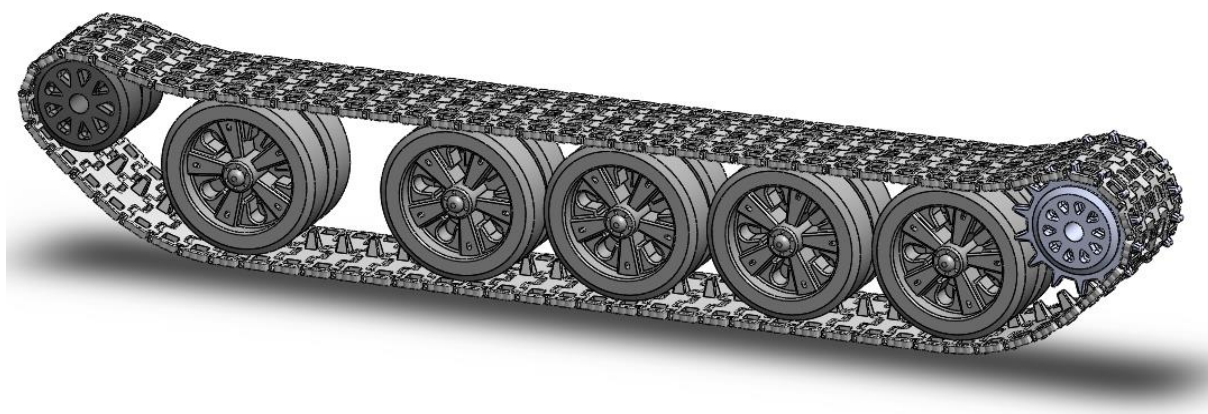


Pomocí základních vazeb se sestava umístila a srovnala dle výkresové dokumentace. Jako první se vše pomocí umístilo na rovinu dráhy a vymešovacích os, které se umístily na střed kol pro lepší orientaci.



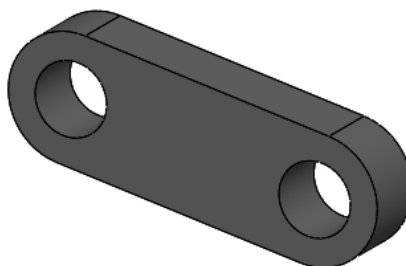
*Obr.39 Ukázka modelování podvozku*

Poté se přidal pás a vše spojilo a vytvořil se zjednodušený podvozek tanku T-55 pro naši dynamickou simulaci.



*Obr.40 Ukázka vymodelovaného podvozku*

Jako poslední se modelovaly prvky, jako jsou vahadla a torzní tyče, které se spojily s podvozkem a vytvořenou korbou. Pro tuto simulaci stačilo zjednodušit tento složitý systém na vahadlo a tyče a simulovat tak torzní tyče.

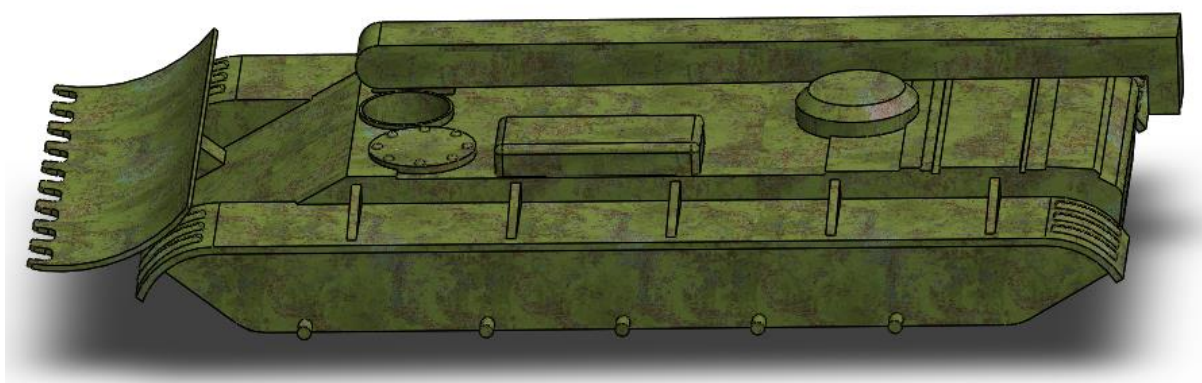


*Obr.41 Ukázka vymodelovaného vahadla*



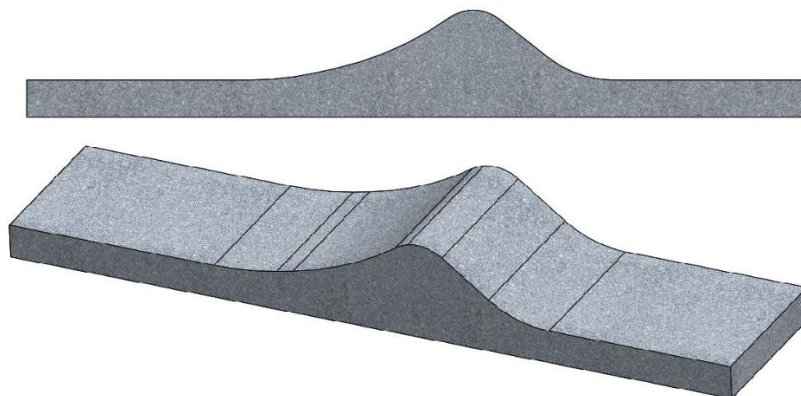
*Obr.42 Ukázka vymodelované torzní tyče*

Korba byla inspirována WTZ-2 hmotnost se zachovala. Tato korba se využila dále v simulaci. Na korbě byla vytvořena zjednodušená radlice a jeřábová souprava.



*Obr.43 Ukázka vymodelované korby*

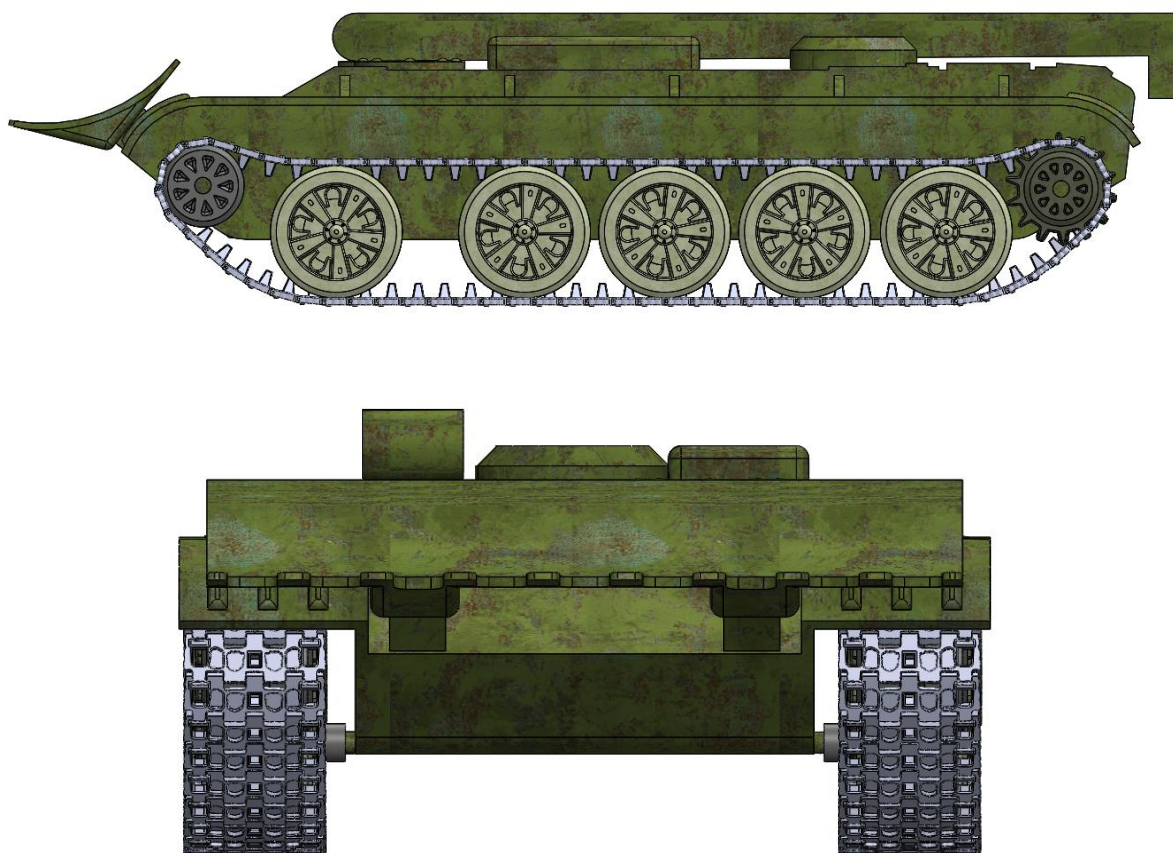
Jako poslední se vymodeloval terén, inspirovaný terénem z knihy, kde bylo po simulaci možné srovnat oba výsledky.



*Obr.44 Ukázka vymodelovaného terénu*

Když se vše spojilo a pomocí vazeb srovnalo, byl tank připravený k simulaci.

Zde jsou 2 základní pohledy.

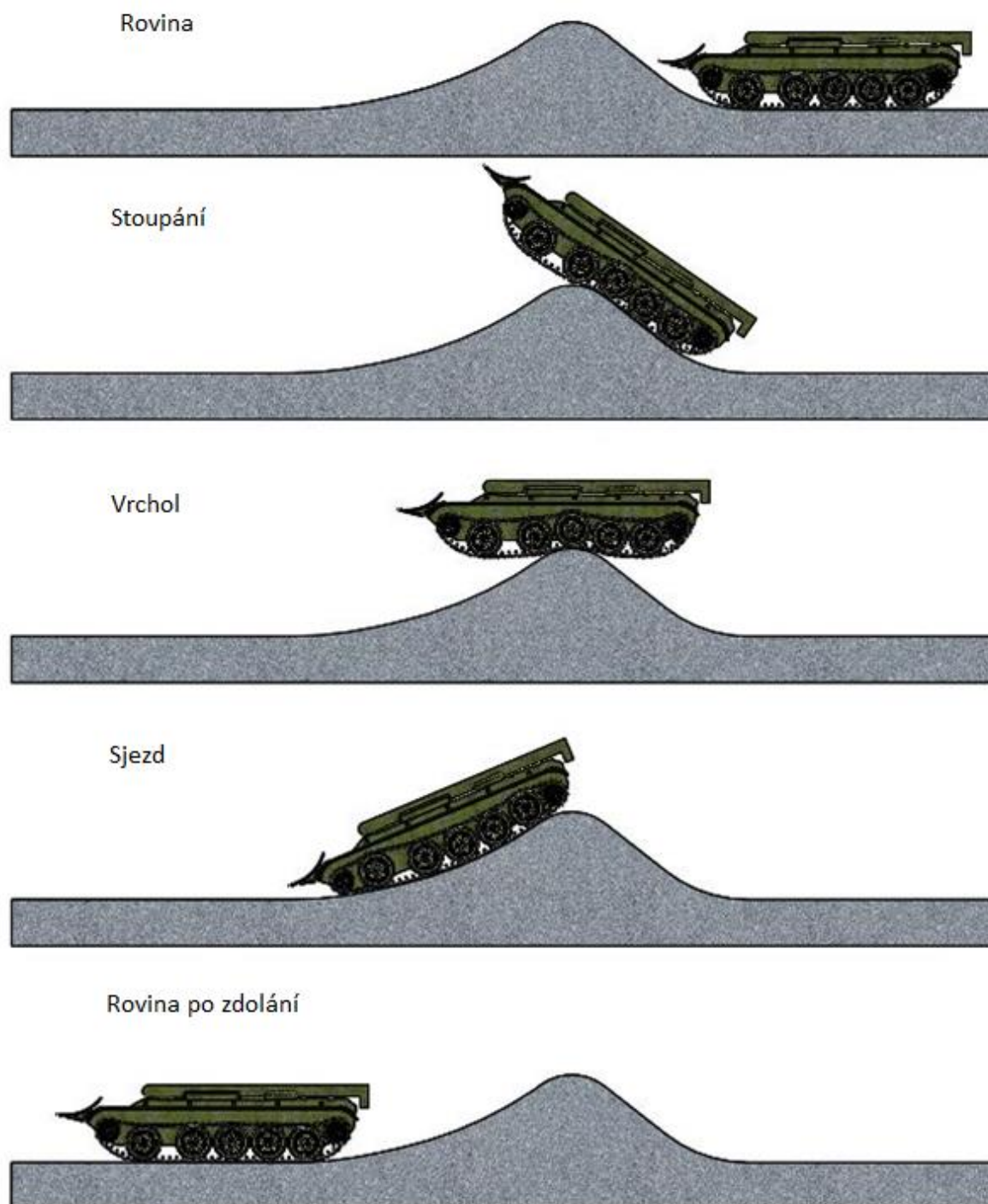


*Obr.45 Ukázka vymodelovaného tanku 2 pohledy*



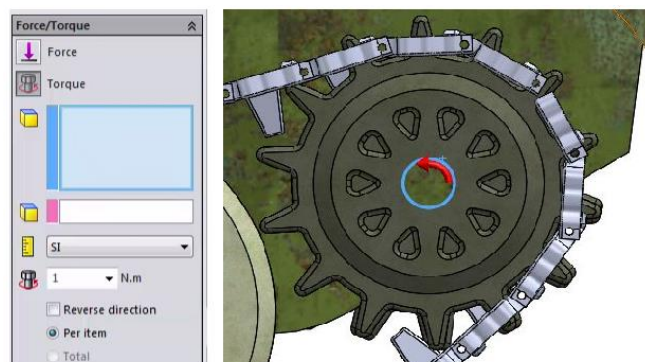
### 4.3.3 Dynamická Simulace

Přejetí překážky dle mojí vytvořené simulace.

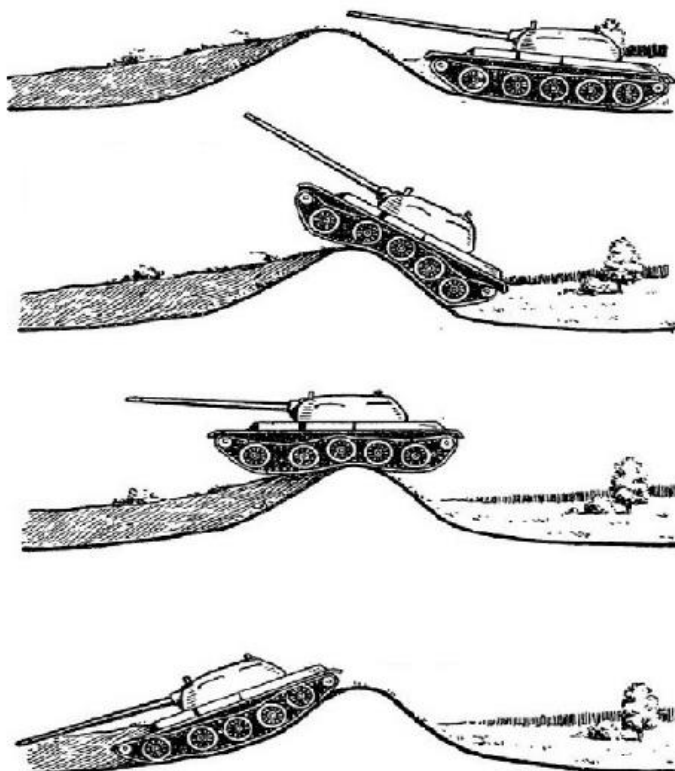


*Obr.46 Ukázka mojí simulace*

Dynamická simulace se prováděla v programu Solidworks, nejprve se nastavila konstantní otáčky u imaginárního motoru a potom se nastavil krouticí moment u torzních tyčí.



Obr.47 Nastavení torzních tyčí a rychlosti



Obr.48 Ukázka přejezdu překážky dle knihy[7]

Pokud porovnáme přejetí překážky dle knihy, a potom naši simulaci, vidíme, že se v některých místech liší, ale jsou si velmi podobné, proto si myslím, že moje simulace proběhla velmi blízko podobná realitě. [7]

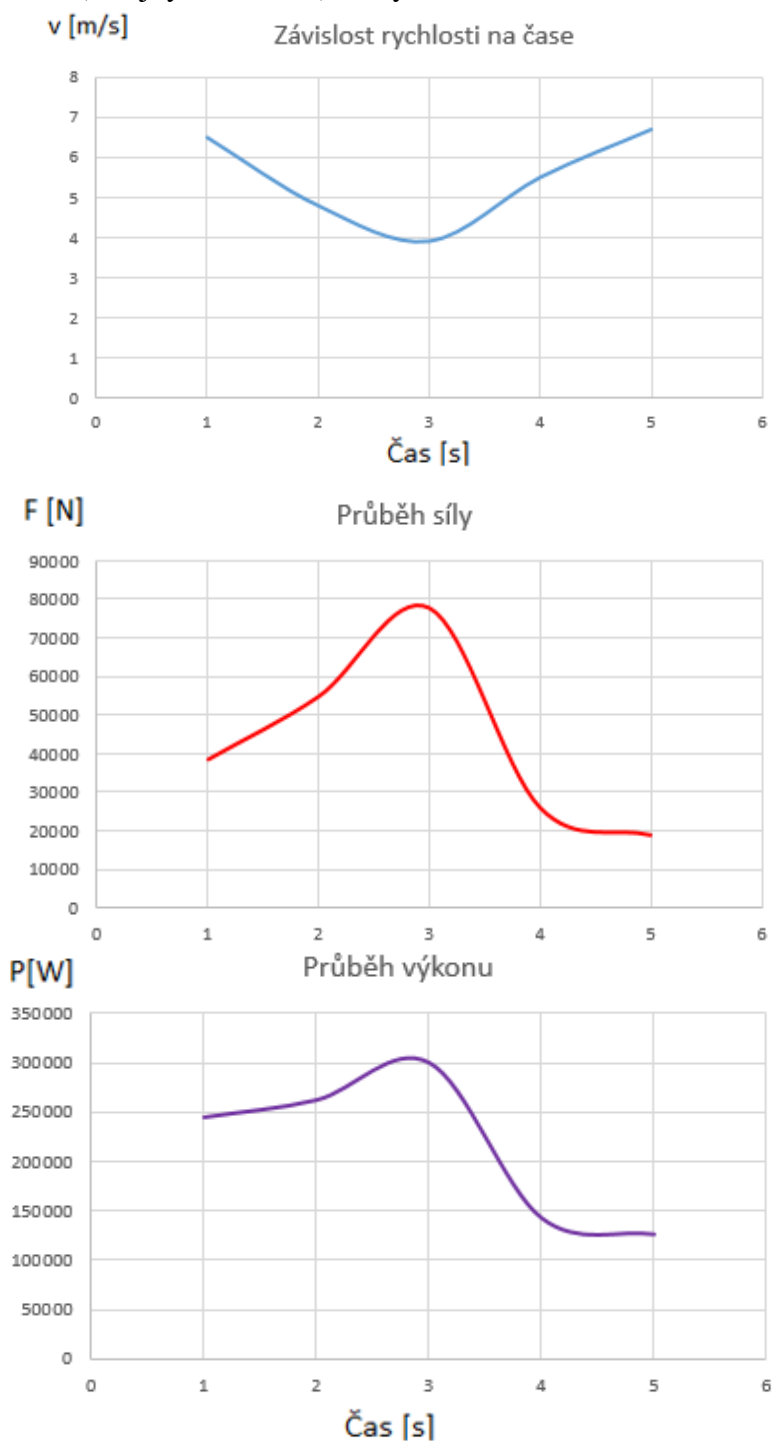
### 4.3.4 Výsledky

Příklad výpočtu síly z výkonu v daném čase.

$$P = F \cdot v \quad (1)$$

$$P = F \cdot v = 77001 \cdot 3,9 = 303033 \text{ W}$$

P- výkon motoru (v nejvyšším bodě.), v- rychlost v čase F-tažná síla



## ZÁVĚR

V této práci jsem se zabýval popisem podvozku tanku T-55, následně jsem vyhledal a zapsal jeho historii, kde jsem zahrnul i jeho předchůdce T-34, T-44, T-54-1, T-54-2, T-55, který byl od roku 1944 vyvíjen až po rok 1981, kdy byl naposledy modernizovaný (tank i podvozek). Jestliže je útočná puška Kalašnikov AK-47 symbolem ruské výroby palných zbraní, pak tank T-54/55 je symbolem jejich tankové produkce. Je to nejdéle používaný tank na světě, drží stále rekord v počtu vyrobených kusů. Dodnes je využíván jako pracovní stroj pro všechny účely a také se s ním dodnes válčí. Stroj, který vymysleli inženýři již za druhé světové války, mají ve výzbroji i moderní armády.

Po zápisu historie jsem se zaměřil na konstrukci a modelování podvozku T-55 a to vše jsem realizoval v programu Solidworks. Vytvořil jsem zjednodušený model, který se skládal ze dvou napínacích kol, z 5 pojezdových kol, ze dvou hnacích kol (turasů) a dále ze dvou pásů, které jsou stejné, dále korba a 10 vahadel, které simulují torzní tyče.

Po vytvoření modelu jsem provedl dynamickou simulaci, kde jsem v "Solidworksu" nastavil prostředí. V prostředí jsem nastavoval tíhové zrychlení, dále moment na vahadlech simulující torzní tyče, potom jsem použil správné vazby a následně po všech úpravách jsem provedl dynamickou simulaci. Z dynamické simulace vyplývá, že pro překonání překážky se síla zvětší a po následném překonání překážky se síla zmenšuje. Průběh výkonu má podobný charakter jako průběh síly. Po překonání překážky se výrazně zmenší. U rychlosti je to naopak, rychlost se zmenšovala a následně po překonání překážky se výrazně zvýšila. Největší výkon byl na úpatí kopce  $P = 303033 \text{ W}$ , pokud ho porovnáme s výkonem popsáním z knihy  $P = 432\,500 \text{ W}$ , tedy u těchto dvou výkonů vidíme velký rozdíl, ale není mi známo, při jakých terénech a podmínkách byl naměřen.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] ZALOGA, Steve. Sovětské tanky T-54 a T-55: 1944-2004. Praha: Grada, 2010. Válečná technika. ISBN 978-80-247-3415-6
- [2] STEVEN J. ZALOGA. T-54, T-55, T-62. Hong Kong: Concord Publications Co, 1992. ISBN 9623619138.
- [3] TEXT: PAWEŁ SEMBRAT a TRANSL. LUCJAN ZAWODNY. T-55/55A. Wyd. zm. Warszawa: Rossograph, 2005. ISBN 8391906116.
- [4] DUNSTAN, Simon. Centurion vs T-55: válka Jom Kippur 1973. Praha: Grada, 2011. Duel (Grada). ISBN 978-80-247-3407-1.
- [5] KOŘÁN, František T-54-55 Variants in detail 2003. Praha: RAK 2008. ISBN 80-86416-35-6
- [6] T-34 Tank Service Manual. All World Wars Military History [online]. Dostupné z: <http://www.allworldwars.com/T-34%20Tank%20Service%20Manual.html> [cit. 21.05.2017].
- [7] T-55 Technikal Manual and Description. Scribd - Read books, audiobooks, and more [online]. Copyright © 2017 Scribd Inc. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <https://ru.scribd.com/doc/60882858/T-55-Technikal-Manual-and-Description>
- [8] Hasící vozidlo SPOT-55 | Armáda. [online]. Copyright © Ministerstvo obrany [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: [http://www.acr.army.cz/technika-a-vyzbroj/ostatni/\\*kopie-1:-hasici-vozidlo-spot-55-93181/](http://www.acr.army.cz/technika-a-vyzbroj/ostatni/*kopie-1:-hasici-vozidlo-spot-55-93181/)
- [9] CZK - SPOT-55 : Československo / ČR / SR (CZK/CZE/SVK). Úvodní stránka forum.valka.cz [online]. Copyright © 1998 [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/13085/CZK-SPOT-55>
- [10] SOV - T-54-1 (T-54 model 1946) : SSSR / Nástupnické státy SSSR (SOV). Úvodní stránka forum.valka.cz [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/105216/SOV-T-54-1-T-54-model-1946>
- [11] NIMDA - Power in motion - T-55. NIMDA - Power in motion - Home page [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://www.nimda.co.il/199098/T-55>
- [12] WARGAMES SOCIETY Forums [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://ilovewargameing.fr.yuku.com/topic/2880/MT55-Armoured-Bridgelayer-Tank#.WSMeJmjiUk>
- [13] Achzarit Heavy Armored Personnel Carrier | Military-Today.com. [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://www.military-today.com/apc/achzarit.htm>
- [14] CZK - T-55 : Československo / ČR / SR (CZK/CZE/SVK). Úvodní stránka forum.valka.cz [online]. Copyright © ATOM [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/29717/CZK-T-55>



- [15] Střední tank T - 55. Valka.cz | Homepage [online]. Copyright © ISSN [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/1119-Stredni-tank-T-55>
- [16] Ruske tanky T-54 a T-55. Military [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://www.military.cz/russia/armour/tanks/t55/t-55.htm>
- [17] John Walter Christie – Wikipedie. [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/John\\_Walter\\_Christie](https://cs.wikipedia.org/wiki/John_Walter_Christie)
- [18] T-34 – Wikipedie. [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/T-34>
- [19] SOV - T-34/76 (model 1942/1943) : SSSR / Nástupnické státy SSSR (SOV). Úvodní stránka forum.valka.cz [online]. Copyright © 1998 [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/123844/SOV-T-34-76-model-1942-1943>
- [20] The T-34 Pictures | Russian Tanks of World War 2, the Red Army, Soviet Union, the T-34. Russian Tanks, Soviet Tanks, German Tanks, German Army, U.S. Army, U.S. Tanks [online]. Copyright © 2012 [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <http://russian-tanks.com/the-t-34-1.php>
- [21] Aw.my.com [online]. [cit. 22.05.2017]Dostupné z: <https://aw.my.com/en/forum/showthread.php?13875-T-54-55>
- [22] [armor] - [manual] - T-34-85 TO. Scribd - Read books, audiobooks, and more [online]. Copyright © 2017 Scribd Inc. [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/doc/60892532/armor-manual-T-34-85-%D0%A2%D0%9E>
- [23] SOV - T-44 : SSSR / Nástupnické státy SSSR (SOV). Úvodní stránka forum.valka.cz [online]. Copyright © 1998 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/10565/SOV-T-44>
- [24] T-55 Tank. [online]. Copyright © 2017 vBulletin Solutions, Inc. All rights reserved. [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <https://blenderartists.org/forum/showthread.php?346512-T-55-Tank>
- [25] T-54-1 tankinfo [online]. [cit. 22.05.2017]. Dostupné <http://www.tankinfo.ru/Country/SSSR/3/T-54/T-54-1.php>
- [26] T-54/T-55 Main Battle Tank. Gary's Place [online]. Copyright ©2004 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.inetres.com/gp/military/cv/tank/T-54.html>
- [27] T-54/T-55 - Wikipedia. [online]. [cit. 22.05.2017]Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/T-54/T-55>
- [28] WZT-2 (vyprošťovací tank) : Polsko. Úvodní stránka forum.valka.cz [online]. Copyright © 1998 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/19941/WZT-2-vyprostovaci-tank>

- 
- [29] Mostní tank MT-55A | Armáda. [online]. Copyright © Ministerstvo obrany [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.acr.army.cz/technika-a-vyzbroj/pozemni-technika/zabezpecovaci-technika/mostni-tank-mt-55a-5037/>
- [30] CZK - MT-55A (mostní tank) : Československo / ČR / SR (CZK/CZE/SVK). Úvodní stránka forum.valka.cz [online]. Copyright © 1998 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/10857/CZK-MT-55A-mostni-tank>
- [31] Vyprošťovací tank VT-55A | ARMYTECHNIKA.cz. Prodej vojenské techniky | ARMYTECHNIKA.cz [online]. Copyright © Armytechnika.cz 2016 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.armytechnika.cz/nabidka/pasova-technika/tanky/vyprostovaci-tank-vt-55-a>
- [32] <http://forum.valka.cz/topic/view/10859/CZK-VT-55A-vyprostovaci-tank> | T-55 /54/ 44M/ T72 special vehicles conversions | Pinterest | Nádrže. Pinterest • Celosvětový katalog nápadů [online]. [cit. 21.05.2017]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/484981453602560636/>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$P$	[W]	Výkon motoru
$F$	[N]	Tažná síla
$v$	[m·s <sup>-1</sup> ]	Rychlost tělesa
$t$	[s]	Čas tělesa

## SEZNAM PŘÍLOH

- P1..... A2-BP-00 -Výkres Tanku T-55 (formát papíru A2)
- P2..... CD (práce a výkresy v PDF)